

風洞実験による着氷雪送電線の定常空力特性の研究

電力中央研究所 正会員 清水幹夫*1
 東京大学大学院 正会員 石原 孟*2
 東京大学大学院 学生会員 ファフカハ*2

1. はじめに

送電線のギャロッピングを精度良く解析する上で、着氷雪電線の空力特性の把握が必要不可欠である。このため本研究では、断面寸法を明確にした着氷雪4導体および単導体の部分模型について、3分力天秤実験により定常空力係数を測定し、その特性について考察した。

2. 実験方法

実験には東京大学の強風シミュレーション風洞を用い、試験体は表1の諸元の4導体1体および着氷雪の形状が異なる2種類の単導体とした。各試験体の着氷雪の形状については、自然着氷雪の形状²⁾を模擬して、図1のとおり断面寸法を明確に定めた。試験体の材質は、端版がベニヤ板、導体部がアルミパイプ、着氷雪が樹脂である。例として4導体部分模型の風洞内の設置状況を図2に示す。

空気力係数は、風速10m/sにおいて、定常空気力を速度圧で除した値として測定した。迎え角の0と正の方向の定義を図3に示す。

3. 実験結果と考察

3.1 抗力係数 C_D と揚力係数 C_L

本検討では、4-1.00Dの投影面積として、表1のとおり上流側の導体2本分の投影面積を考慮しているため、これに合わせて単導体の投影面積を2倍に改めれば、1-1.00Dの抗力係数、揚力係数（以下、それぞれ C_D^1 、 C_L^1 と表記）は、次式により4導体に相当する値（以下、 C_D^{1-4} 、 C_L^{1-4} と表記）に変換される。

$$C_D^{1-4}=2C_D^1, \quad C_L^{1-4}=2C_L^1 \quad \cdots \cdots (1)$$

C_D^{1-4} 、 C_L^{1-4} を4-1.00Dの値（以下、 C_D^4 、 C_L^4 と表記）と比較した図4(a)では、迎え角-20～60度の範囲において、 C_L^{1-4} の極値の絶対値は C_L^4 のそれをわずかに上回るが、その他の極値およびこれに対応する迎え角は、両試験体の間で概ね一致する。迎え角60～180度の範囲では、 C_D^4 には C_D^{1-4} にみられない、迎え角70度、90度および110度付近の3つの極値が存在し、 C_L^4 に比較して C_L^{1-4} が滑らかに減少する傾向にあることがわかる。特に、迎え角90度では、 C_D^4 が C_D^{1-4} を大きく下回る。これらの原因は、4導体の受風面積が迎え角に伴って変化するとともに、風下側の導体が風上側の導体の後流の影響を受けることと考えられる。

3.2 空力モーメント係数 C_M

本検討においては、表1のとおり代表径の大きさが異

なるため、4導体と単導体の空力モーメント係数（以下、それぞれ C_M^4 、 C_M^1 と表記）を比較する際、4本の1-1.00Dが4-1.00Dと同様の導体間隔で配置された状態を想定し、次式のとおき C_M^1 を4導体の空力モーメント係数に変換（以下、 C_M^{1-4} と表記）した。

$$C_M^{1-4}=2C_M^1 \cdot B_1/B_4 \quad \cdots \cdots (2)$$

ここに、 B_1 、 B_4 ：それぞれ1-1.00D、4-1.00Dの代表径であり、表-1の値を用いた。変換した結果を図4(b)に示す。

図4(b)より、迎え角10、50度付近の極値については、 C_M^{1-4} は C_M^4 に概ね一致しているといえる。迎え角-10度付近では、 C_M^{1-4} 、 C_M^4 ともに極値を示すが、その値は約0.2の差があり、極値に対応する迎え角には約3度の差がある。迎え角15および170度付近では C_M^{1-4} 、 C_M^4 ともに極値を示すが、その値は大きく異なる。

上記以外の迎え角-15、90、105および135度付近において、 C_M^4 は極値を示すが、 C_M^{1-4} に極値は存在しない。この原因は、風上側の導体の後流および4導体の回転に伴う受風面積の変化と考えられる。

4. 着氷雪形状とギャロッピング振幅との関係

図5に示す着氷雪形状が異なる空気力係数を入力とし、風速10m/sの一様流の下で、典型的な単導体送電線（径間長350m、サグ10.5m、線種ACSR160）のギャロッピングシミュレーションを実施した。計算には、3次元の非線形有限要素解析プログラム「CAFSS」²⁾を用いた。

計算結果として得られた図6(a)、(b)の電線変位軌跡より、図6(a)では径間1/4と1/2とがほぼ等しい動揺範囲にあるが、図6(b)では径間1/4の動揺範囲が径間1/2のそれを大きく上回り、着氷雪形状によるギャロッピングの振動性状の違いが明らかになった。

5. まとめ

本研究の結果、単導体から4導体への空気力係数の換算は、抗力および揚力係数については可能性があるが、空力モーメント係数については、現状では困難であるといえる。また、着氷雪形状の相違により、同一の電線においても、発生するギャロッピングの振動性状が異なる可能性のあることが明らかになった。

謝辞

本研究の風洞実験の実施については、九州工業大学工学部建設社会工学科の木村吉郎先生にご指導、多大なご助力を頂きました。ここに心から感謝の意を表します。

キーワード：送電線、ギャロッピング、4導体、着氷雪、風洞実験、空力特性

*1 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子1646 TEL 070-5877-5534 FAX 04-7183-2962

*2 〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1 TEL 03-5841-6096 FAX 03-5841-7454

参考文献

- 1) 架空送電線のギャロッピング現象・解析技術調査専門
委員会：電気学会技術報告，第844号，2001.

- 2) 清水幹夫，佐藤順一：4 導体送電線のギャロッピング
観測およびシミュレーション，構造工学論文集，Vol.
47A，pp. 479-488，2001.

表1 試験体の諸元

実験 No.	試験体 名称	導体数	試験体長さ L(mm)	導体外形 D(mm)	着冰雪高さ (mm)	投影面積 A(mm ²)	代表径 B(mm)	備考
1	4-1.00D	4	1270	19	19(=1.00D)	48260	247	投影面積Aは上流側の導体2本分の投影面積として2D×Lで換算し，代表径Bは導体中心の間隔とした．
2	1-1.00D	1	1270	30	30(=1.00D)	38100	30	投影面積はD×Lで換算し，代表径は導体外径Dと同一の値とした．
3	1-0.50D	1	1270	30	15(=0.50D)	38100	30	

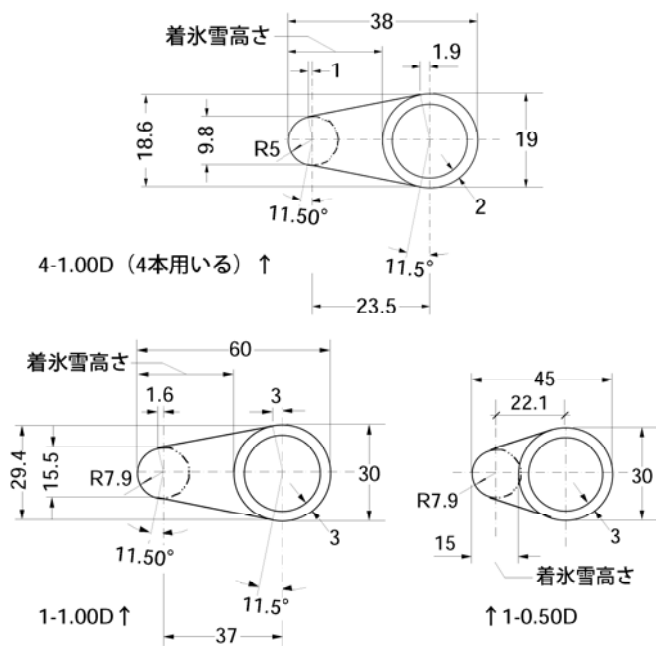


図1 着冰雪断面寸法（単位：mm）

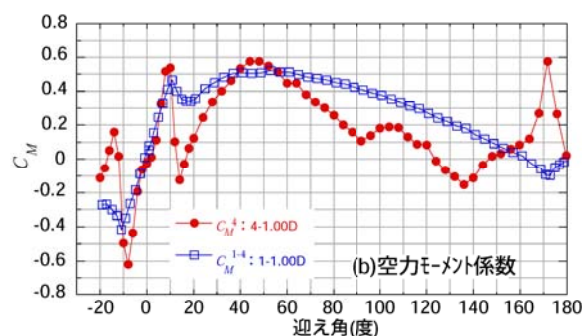
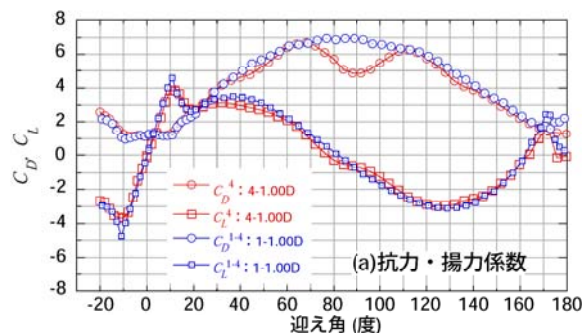


図4 風洞実験結果：実験 No. 1, 2



図2 測定部内の試験体取付け状況

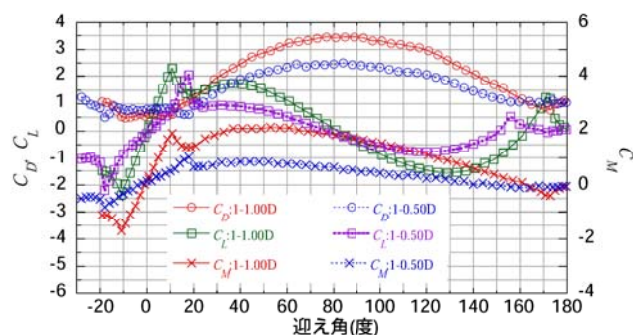


図5 風洞実験結果：実験 No. 2, 3

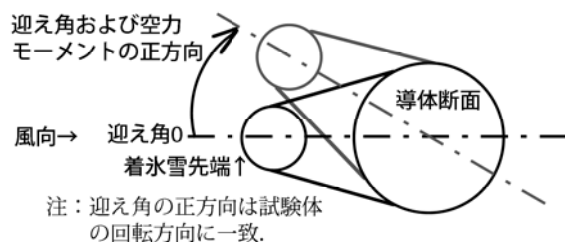
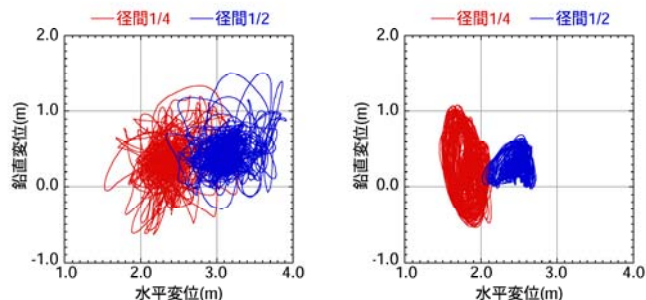


図3 迎え角と空力モーメントの正方向の定義



(a)1-1.00D の空力特性考慮 (b)1-0.50D の空力特性考慮

図6 シミュレーション結果：変位軌跡